



Työterveyslaitos | Arbetshälsöinstitutet
Finnish Institute of Occupational Health

Aerosolihallinta työstökoneympäristössä - AerOff

AEROFF -LAITTEISTOON LIITTYVIEN TUTKIMUSTEN JA
MITTAUSTEN YHTEENVETO

Arto Säämänen
Tomi Kanerva
Tuija Silonsaari
Markku Linnainmaa





Työterveyslaitos | Arbetshälsainstitutet
Finnish Institute of Occupational Health

Aerosolihallinta työstökoneympäristössä - AerOff

AEROFF -LAITTEISTOON LIITTYVIEN TUTKIMUSTEN JA
MITTAUSTEN YHTEENVETO

Arto Säämänen
Tomi Kanerva
Tuija Silonsaari
Markku Linnainmaa

Työterveyslaitos
Tampere



Työterveyslaitos

Työympäristö

33032 Työterveyslaitos

www.ttl.fi

Toimitus: Arto Säämänen ja Markku Linnainmaa

Valokuvat: Arto Säämänen

Piirroksat: Arto Säämänen

© 2019 Työterveyslaitos ja kirjoittajat

Julkaisu on toteutettu Business Finlandin tuella.

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi on tekijänoikeuslain (404/61, siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen) mukaisesti kielletty ilman asianmukaista lupaa.

ISBN 978-952-261-869-6 (pdf)



ALKUSANAT JA KIITOKSET

Suomessa on noin 20 000 metallintyöstäjää, joilla esiintyy yleisesti leikkuunesteaerosoleista johtuvia oireita, ja kaikkiin aikaisempiin aerosolin vähentämiskäytäntöihin liittyy puutteita. Ilmanlaadun parantamiselle on siis selvää tarvetta. Edellisessä hankkeessa (Säämänen ym. 2016) uudella ratkaisukonseptilla saadut alustavat tulokset olivat hyvin lupaavia, mutta ratkaisun lisäkehittäminen ja testaaminen olivat vielä tarpeen.

Tämän hankkeen tarkoituksena oli kaupallistaa edellisessä tutkimuksessa kehitetty ratkaisu, jolla vähennetään työntekijöiden altistumista leikkuunesteaerosoleille sekä pienennetään työterveys-, materiaali- ja energiakustannuksia. Hankkeessa rakennettiin pilotteja ja tehtiin kokeita työstökoneilla tavoitteena löytää reunaehdot eri osa-alueilla sekä tunnistaa ratkaisukonseptin heikot lenkit ja löytää niihin ratkaisut. Lisäksi arvioitiin erilaisten liiketoimintamallien soveltuvuutta tuotteistamisprosessissa, laadittiin hinnoittelukonseptit, kartoitettiin imagoarvoja sekä selvitettiin optimaalisia markkinointireittejä.

Tampereen ammattikorkeakoulu (TAMK) keskittyi teknisiin ilmanvaihto- ja työstökonekorjauksiin sekä liiketoimintamalleihin ja Työterveyslaitos (TTL) puolestaan työhygieniaan ja leikkuunestetutkimukseen eli siihen, kuinka työstökone toimii työntekijän terveyden kannalta. TAMK ja TTL yhdessä määrittivät asiakasarvon eri näkökulmista.

Tämä loppuraportti on yhteenveto tehdyistä tutkimuksista ja mittauksista TTL:n osalta. TAMK laatii hankkeesta oman raporttinsa. Kyseessä ei siis ollut tieteellinen tutkimus, vaan tavoitteena oli selvittää prosessin aikana esiin nousseita ongelmia käytännönläheisesti, mutta silti laadukkaasti tutkimusmenetelmiä soveltaen. Hankkeen tuloksena syntynyttä ratkaisukonseptia voidaan hyödyntää kaikissa koti- ja ulkomaisissa työpaikoissa, joissa käytetään leikkuunesteitä.

Hankkeen onnistumiseen vaikutti ratkaisevasti kohdeyritysten ja ohjausryhmän aktiivinen osallistuminen ja yrityksistä saatu monipuolinen tuki hankkeelle. Lisäksi haluamme kiittää Business Finlandia hankkeen saamasta taloudellisesta tuesta ja TTL:n laboratoriohenkilöitä kerättyjen näytteiden analysoinnista.

Tampereella huhtikuussa 2019

Tekijät



SISÄLLYS

1	TUTKIMUSTEN SISÄLTÖ.....	5
2	Aineisto ja menetelmät.....	6
3	Keskeiset tulokset.....	8
3.1	Esierotin 1.....	8
3.2	Esierottimien vertailu.....	9
3.3	Useamman koneen AerOff-laitteiston toiminta.....	11
3.4	Yksittäisen koneen AerOff.....	14
3.5	CityCarb-aktiivihiihliisuodattimen toiminta-aika.....	17
Lähteet 19		

1 TUTKIMUSTEN SISÄLTÖ

Edellisessä Työsuojelurahaston rahoittamassa hankkeessa (Säämänen ym. 2016) kehitettiin tekninen ratkaisu, joka alentaa työstökoneyritysten työterveys- ja leikkuunestekuluja, lisää energia- ja materiaalitehokkuutta sekä parantaa alan imagoa. Keksintöideasta on jätetty patenttihakemus (Pihlajamaa ym. 2017). Tämän hankkeen tarkoituksena oli tuottaa kyseinen ratkaisu valmiiksi markkinoille. Sitä varten Työterveyslaitos suunnitteli keväällä 2017 hankkeen yksityiskohtia tiiviissä yhteistyössä TAMK:n tutkijoiden kanssa, teki lähtötasomittaukset Kohdeyritys 1:ssä, testasi esierottimia TAMK:n laboratoriossa ja Kohdeyritys 2:ssa sekä analysoi mittausten yhteydessä keräämiään näytteitä. Mitattuja ilman epäpuhauksia olivat hiukkaset, alkanoliamiinit ja haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC).

Kesällä 2017 projektissa asennettiin ensimmäinen pilotointilaitos (usean työstökoneen kokonaisuus) mittaussuoritus Kohdeyritys 1:een, jossa Työterveyslaitos teki mittaukset ja näytteenotot alkusyksyllä 2017. Tällä ensimmäisellä pilotointikierroksella saatujen alkanoliamiini- ja VOC-tulosten perusteella koejärjestelyyn tehtiin syksyn 2017 aikana muutoksia, joiden vaikutusta ilman epäpuhauksipitoisuuksiin testattiin uusintamittauksilla. Saatujen tulosten perusteella panostettiin edelleen varsinkin optimaalisen, tarpeeksi pitkäikäisen jälkisuodattimen löytämiseen. Uudenlaisia jälkisuodattimia testattiin alkuvuonna 2018, jolloin TTL teki testaukseen liittyvät näytteenotot ja analyysit.

TAMK:n työstökoneen yhteyteen rakennettu koejärjestely kolmen eri esierottimen (Esierotin 1, Esierotin 2 ja pisaraloukku) testaamiseksi valmistui tammikuussa 2018. TTL otti ja analysoi vertailun vaatineet kanavanäytteet.

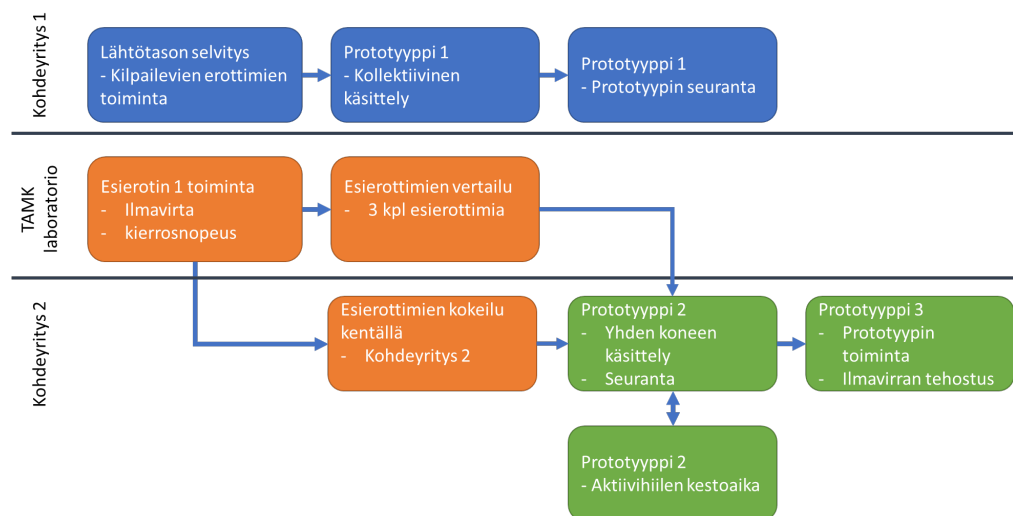
Yksittäisen työstökoneen AerOff-yksikkö asennettiin Kohdeyritys 2:een työstökoneen yhteyteen kevättalvella 2018. Asennuksen jälkeen TTL teki yksikön testaamiseksi tarvittavat näytteenotot ja analyysit keväällä 2018. Kyseiseen prototyyppiin hankittiin uusi pitkäkestoinen kemiallinen suodatin, joka asennettiin paikalleen kesäkuussa, minkä jälkeen seurantamittaukset tehtiin uudelleen.

Kesän ja syksyn 2018 aikana kehitettiin yhteistyössä yritysten kanssa kolmatta protoa (Proto 3), joka asennettiin Kohdeyritys 2:een. Aikaisemmissa protoissa (Proto 1 ja Proto 2) todettuja ongelmia oli korjattu uusintamittauksia varten. TTL teki Proto 2:n ja Proto 3:n toimintaan liittyvät mittaukset Kohdeyritys 2:ssa vuoden 2018 lopulla ja vuoden 2019 alussa. Proto 1:lle suunniteltuja mittauksia ei tutkijoista riippumattomista syistä voitu toteuttaa.

Hankkeen tuloksia esiteltiin kesäkuussa 2018 Suomessa järjestetyssä teollisuusilmastoinnin seminaarissa Ventilation 2018, jossa AerOff:sta oli sekä esitys että posterit. Seminaarijulkaisussa olevat kaksi tieteellistä artikkelia on mainittu lähdeluettelossa.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimuksia ja mittauksia tehtiin prosessin eri vaiheissa tukemaan kulloisenkin vaiheen tarpeita. Toteutetut toimenpiteet sisälsivät kilpailevien esierottimien toiminnan selvittämistä ja tutkimuksia laboratoriossa sekä kokeiltujen prototyyppien toiminnan selvityksiä kahdessa eri kenttäkohteessa (Kuva 1).



Kuva 1. Mittausten eteneminen prosessin eri vaiheissa.

Hiukkasmaisten epäpuhtauksien pitoisuuksia ja hiukkaskokojakaumia mitattiin sähköisellä alipaineimpaktorilla (ELPI Classic, Dekati Oy, Suomi). Näytteenotto järjestettiin isokineettiseksi vaihtamalla näytteenottosondin suuttimen kokoa kulloisenkin kanavanopeuden mukaan. Tulosten tulkinnessa käytettiin suhteellisia pitoisuuksia, jolloin ei ollut tarvetta absoluuttisten massapitoisuuksien määrittämiseen.

Alkanoliamiinit kerättiin ilmasta suodatinmenetelmällä. Ilmanvaihtokanavasta mitattaessa käytettiin isokineettistä näytteenottoa, mutta AerOff-laitteiston sisältä ilman käsittelyprosessien eri osista mitattaessa näytteenottoa ei pystytty järjestämään isokineettisesti. Näissä tapauksissa avoin näytteenkeräin asetettiin sopivaan paikkaan laitteiston sisälle ottaen huomioon turvallisuuskohdat. Ilmassa olevat höyryt ja sumut kerättiin pumpulla suodatinkotelossa (Ø 25 mm Millipore) oleville, rikkihapolla käsitellyille lasikuitusuodattimille.

Näytteenkeräysnopeus oli 2 l/min. Näytteet desorboitiin metanolilla ja analysoitiin neste-kromatografisesti käyttäen kolmoiskvadrupolimassaspektrometria-detektoria soveltaen MRM-menetelmää. Kvantifiointi tehtiin puhtailla vertailuaineilla sisäisen standardimenetelmän avulla.

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC) kerättiin ilmasta aktiivisesti pumpun avulla ATD-keräimeen (adsorbenttina Tenax TA) tilavuusvirralla 100 cm³/min tai 200 cm³/min riippuen oletetusta TVOC-pitoisuudesta keräyskohteessa. Näytteenotossa ei käytetty isokineettistä näytteenottoa, koska kiinnostuksen kohteena olivat nimenomaan höyryfaasissa olevat VOC-yhdisteet. Näytteen sisältämät yhdisteet analysoitiin kaasukromatografisesti käyttäen termodesorptiota ja massaselektiivistä ilmaisinta (TD-GC-MS). Yhdisteet tunnistettiin puhtaiden vertailuaineiden ja/tai Wiley- tai NIST- massaspektritietokannan avulla. Näytteistä määritettiin haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (TVOC) tolueeniekvivalenttina. TVOC määritettiin kromatogrammista n-heksaanin ja n-heksadekaanin väliseltä alueelta kyseiset aineet mukaan lukien. Yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet määritettiin joko puhtaiden vertailuaineiden avulla tai tolueeniekvivalentteina. Yksittäisistä yhdisteistä kvantitoitiin viisi suurinta komponenttia. Näytteistä määritettiin myös TVOC-alueen ulkopuolisten yhdisteiden kokonaispitoisuus tolueeniekvivalentteina, mikäli ulkopuolisten yhdisteiden kokonaispitoisuus oli tulosten tulkinnan kannalta merkittävä.

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden seurantamittauksissa hyödynnettiin myös suoraan osoittavaa fotoionisaatiodetektoria (PID) (ppbRAE 3000, RAE Systems, San Jose, USA), jota käytettiin aktiivihillisuodattimen toiminnan seuraamiseen. Laitteen vaste tarkistettiin ennen jokaista mittausta kalibrointikaasulla (10 ppm isobutyleeniä).

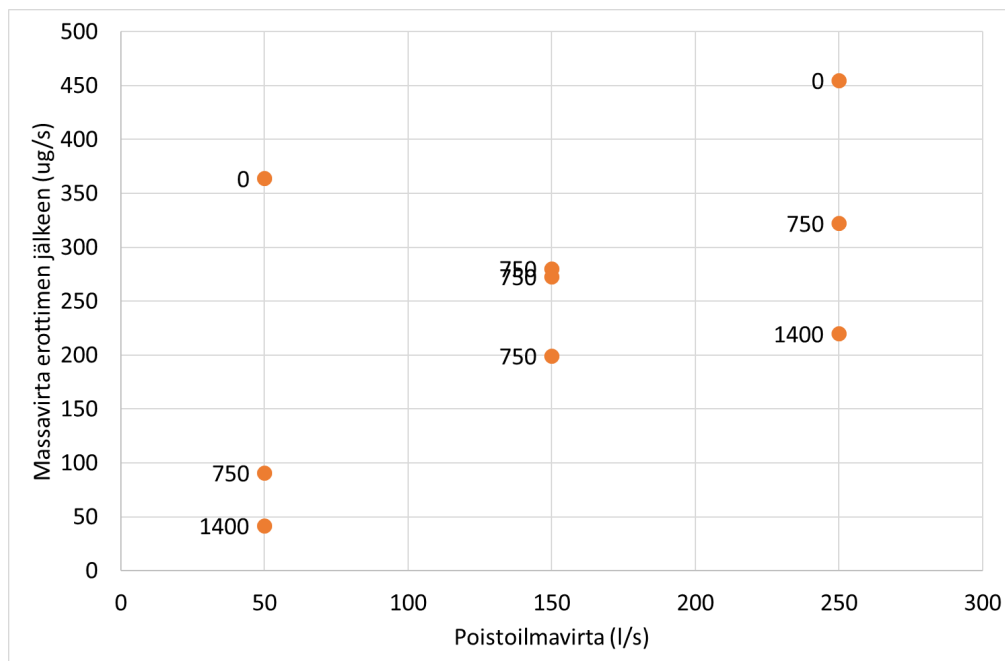
3 KESKEISET TULOKSET

3.1 Esierotin 1

Laboratoriokokeiden (Kuva 2) perusteella Esierotin 1 näyttäisi tehoavan vain suuriin ($>4\ \mu\text{m}$) hiukkasiin. Pienten hiukkasten ($<4\ \mu\text{m}$) kohdalla Esierotin 1:n pyörimisnopeudella ei juurikaan ole vaikutusta, sitä suuremmilla hiukkasilla pyörimisnopeuden lisääminen vähentää hiukkasten massavirtaa suodattimen jälkeen. Puhdistustuloksen kannalta pyörimisnopeus kannattaakin pitää mahdollisimman suurena (Kuva 3). Kokeiden perusteella Esierotin 1:n läpi virtaavan ilmavirran kasvattaminen lisää hiukkasten massavirtaa. Ilmavirta Esierotin 1 -yksikön läpi kannattaisi ehkä pitää mahdollisimman pienenä, kuitenkin muistaen, että kohdepoiston ensisijainen tehtävä on estää epäpuhtauksien leviäminen työstökoneen koteloinnin ulkopuolelle. Höyrymuodossa oleviin alkanoliamiinien pitoisuuksiin Esierotin 1:llä ei näyttäisi olevan suurtakaan vaikutusta.



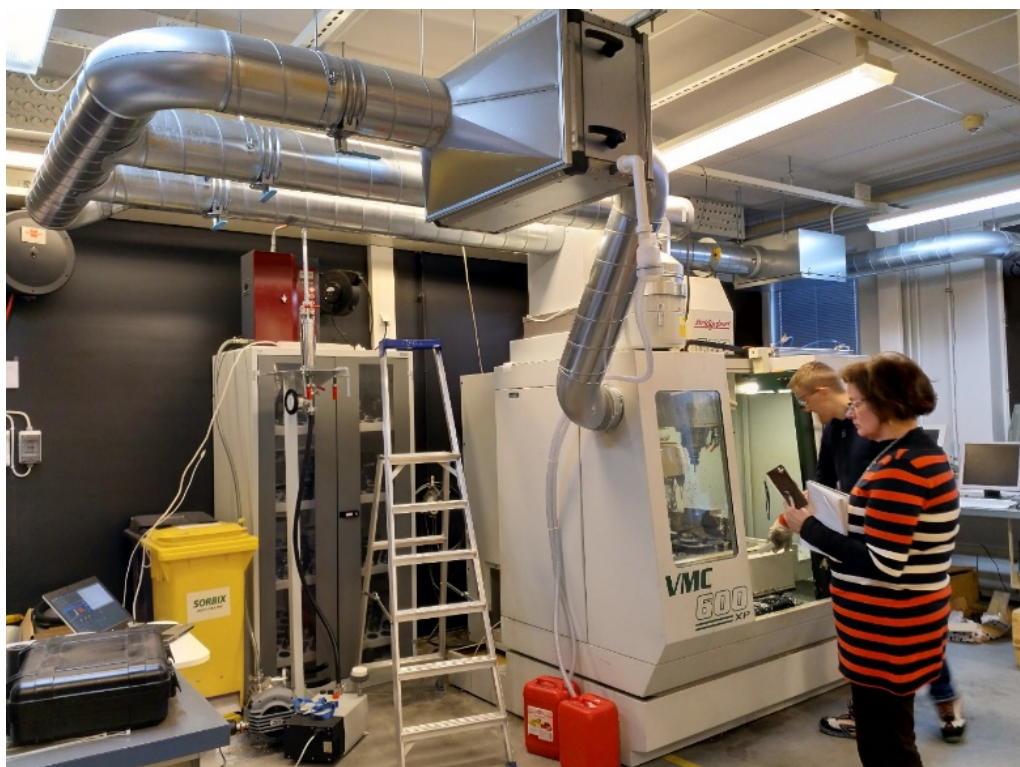
Kuva 2. Esierottimen 1 testausta TAMK:n työstökonelaboratoriossa.



Kuva 3. Esierottimen 1 läpäisseiden hiukkasten massavirta erottimen läpivirranneen ilmapirran ja esierottimessa käytetyn pyörimisnopeuden (rpm) funktiona.

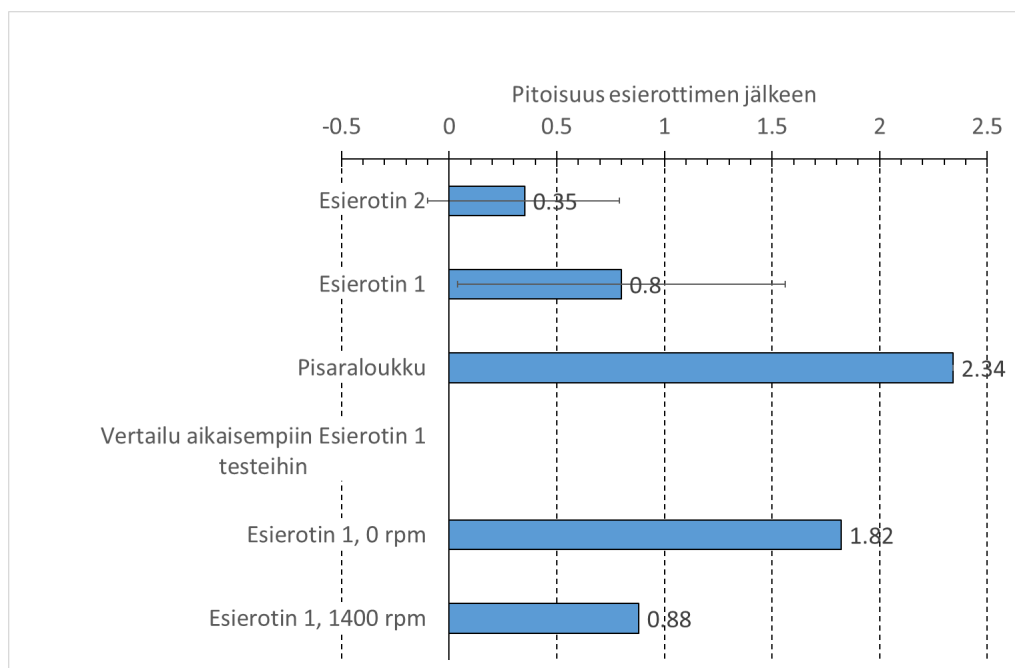
3.2 Esierottimien vertailu

Esierottimien vertailu tehtiin myös laboratorio-olosuhteissa (Kuva 4). Kokeeseen oli valittu kolme eri esierotintyyppiä: Esierotin 1 pyörimisnopeudella 1400 rpm, Esierotin 2 ja pisaraloukku. Eri esierottimien toimintaan verrattiin mittaamalla hiukkasten (massa)pitoisuus esierottimen jälkeen poistokanavasta ELPI:llä. Poistoilmavirta pidettiin vakiona 200 l/s kaikille kolmelle esierotintyypille.



Kuva 4. Kolmen eri esierottimen vertailua TAMK:n työstökonelaboratoriossa.

Puhtain ilma mitattiin Esierotin 2 –suodattimen jälkeen ja seuraavaksi puhtainta ilma oli Esierotin 1:n jälkeen (Kuva 5). Pisaraloukun puhdistusteho näyttäisi olevan huonoin. Pisaraloukkuun verrattuna aerosolin pitoisuus Esierotin 2:n jälkeen on vain 15 % ja Esierotin 1:n jälkeen 34 %. Kokeissa Esierotin 2 parempi puhdistustehokkuus alkaa näkyä noin 1 µm suuremmilla hiukkasilla. Tuloksia tulkittaessa on otettava huomioon se seikka, että suodatusyksiköiden ilmanotto työstökoneen sisältä oli hieman eri paikoissa, joten suodatusyksikköön sisään menevän ilman aerosolipitoisuudet saattoivat erota toisistaan vertailukohteissa.

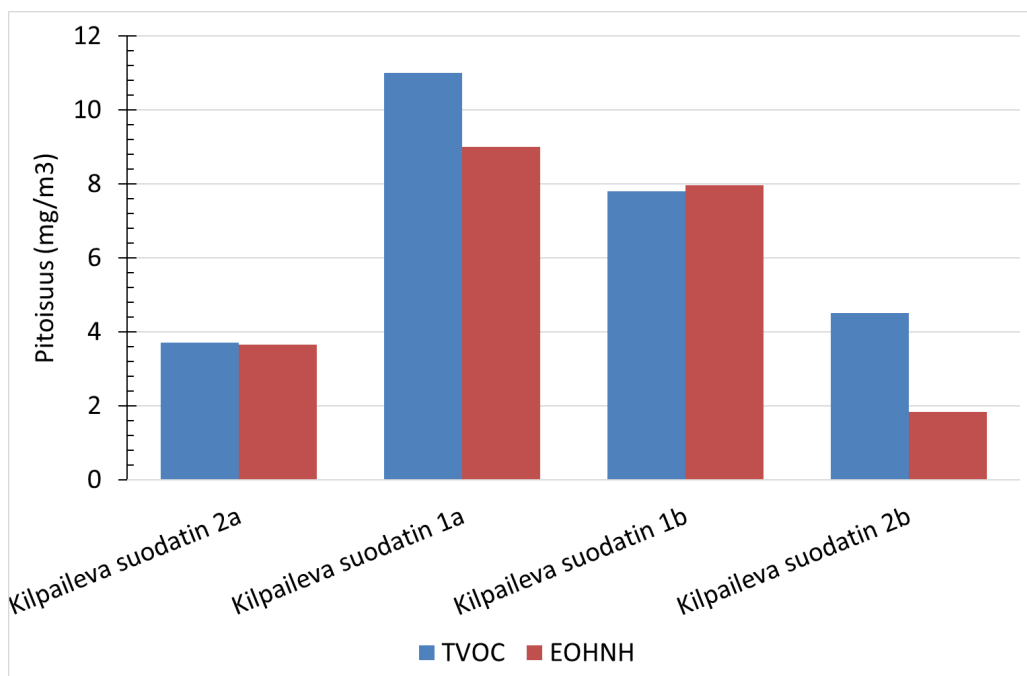


Kuva 5. Kolmen erityyppisen esierottimen vertailu. Suurena esierottimen jälkeen mitattu aerosolin massapitoisuus. Tuloksia verrattu myös aikaisempiin Esierottimella 1 saatuihin tuloksiin.

Kahta eri esierotinta kokeiltiin myös tuotanto-olosuhteissa Kohdeyritys 2:ssa. Työstökoneeseen liitettiin sekä siinä normaalisti oleva kilpaileva suodatinyksikkö (ilman HEPA:a) ja Esierotin 1. Yksi koeajo tehtiin kilpailevalla suodatinyksiköllä ilman HEPA:a (ilmavirta 95 l/s) ja kaksi koeajoa Esierotin 1:llä, ilmavirrat 175 l/s ja 95 l/s. Aerosolipitoisuudet erierotimien jälkeen mitattiin ELPI:llä isokineettisellä näytteenotolla. Kokeiden perusteella aerosolipitoisuus 3Ninen jälkeen oli 80 % pienempi kuin Esierotin 1:n jälkeen mitattu pitoisuus. Ero tulee esiin ennen kaikkea yli 0,4 µm hiukkaskokoluokissa.

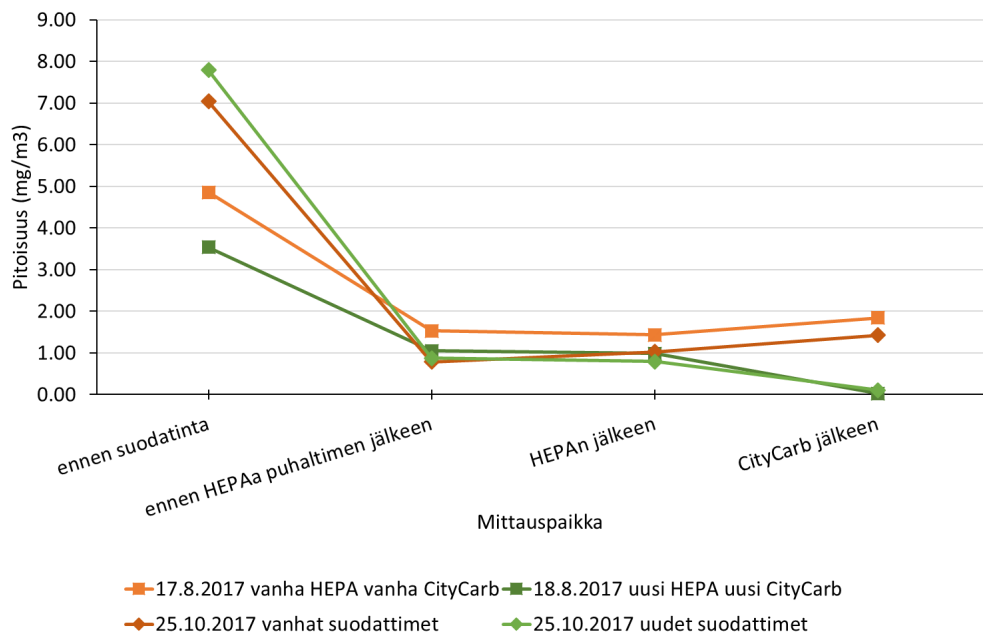
3.3 Useamman koneen AerOff-laitteiston toiminta

AerOff-laitteiston toimintaa useampaan työstökoneeseen liitettynä kokeiltiin Kohdeyritys 1:ssä. Ennen AerOff-laitteiston asentamista tehtiin lähtötasomittaukset maaliskuussa 2017. Näissä kokeissa höyryfaasissa olevien epäpuhtauksien pitoisuudet olivat erittäin korkeita lähtötilanteessa käytössä olleiden suodattimien jälkeen, takaisin työtilaan puhallettavassa ilmassa (Kuva 6).



Kuva 6. Ilman laatu Kohdeyritys 1:ssä käytettyjen kilpailevien suodatinyksikköjen ulospuhallusilmassa. Lähtötilanteessa ilma suodatinyksiköistä puhallettiin suoraan takaisin työtilaan. TVOC= haihtuvien orgaanisten yhdisteiden summapitoisuus; EOHNH= alkanoliamiinien summapitoisuus

Ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia (EOHNH ja TVOC) mitattiin AerOff-laitteiston asentamisen jälkeen. Elokuussa 2017 ilma ohjattiin ulos aktiivihiiisuodattimen jälkeen, lokakuussa 2017 ilma aktiivihiiisuodattimen jälkeen puhallettiin takaisin työtilaan. Kummassakin tilanteessa ensin mitattiin käytetyllä CityCarb –aktiivihiiisuodattimella. Toiseen mitaukseen vaihdettiin sekä uusi HEPA että uusi CityCarb.



Kuva 7. Ilman epäpuhtauksien puhdistuminen AerOff-laitteistossa. Alkanoliamiinien summapitoisuudet laitteen eri osissa.

Ilman aktiivihiiisuodattimen vaikutusta alkanoliamiinien pitoisuudet olivat vähentyneet AerOff-laitteistossa 68 – 89 % (Kuva 7). Tämä oli siis pelkän kondenssiosan vaikutusta. HEPA-suodattimella ei luonnollisesti ollut juurikaan vaikutusta höyryfaasissa olevien alkanoliamiinien pitoisuuteen. Silloin, kun viemäröinti ei ollut kunnossa (likainen kone), alenema oli noin 70 % ja puhtaalla koneella se oli 89 %. TVOC-pitoisuuksiin kondenssisuodatin ei vaikuttanut yhtä tehokkaasti. TVOC-pitoisuuksien alenema vaihteli 30 – 67 % ollen heikompi likaisella koneella. AerOff -laitteen pysyminen puhtaana mm. hyvän viemäröinnin avulla onkin ensiarvoisen tärkeää.

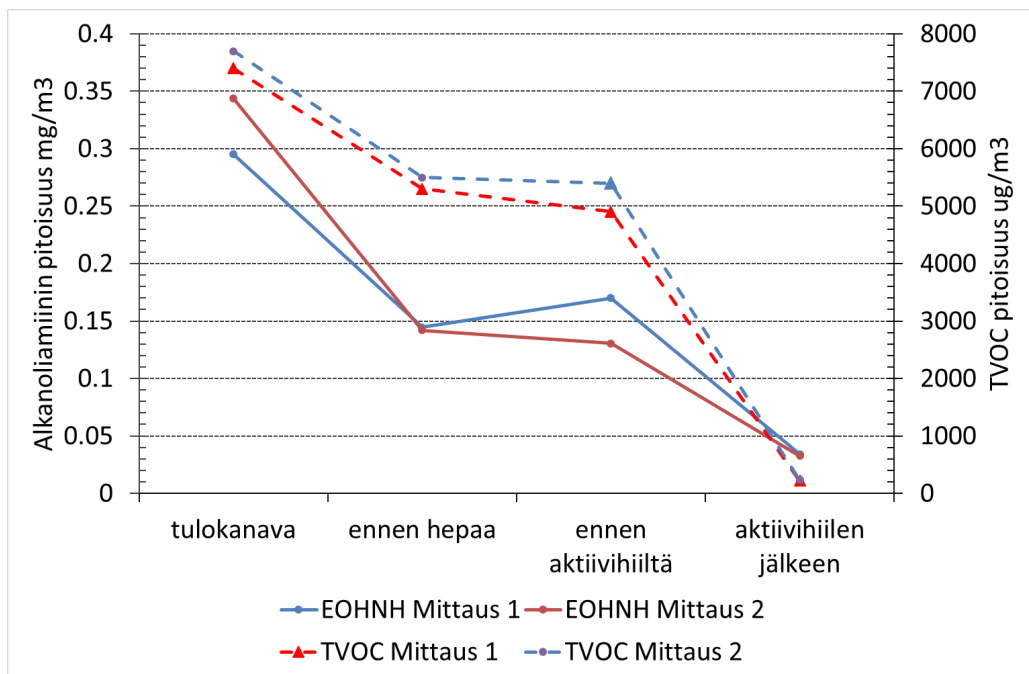
Uudet Citycarb-aktiivihiiisuodattimet toimivat tehokkaasti ja pitoisuuden alenema oli 98 %. Vanhojen CityCarb:ien jälkeen pitoisuudet olivat korkeampia kuin ennen aktiivihiiisuodatinta eli vanhojen CityCarb:ien havaittiin toimivan päästölähteenä. Ongelmana onkin niiden heikko kapasiteetti.

3.4 Yksittäisen koneen AerOff

Yksittäiseen koneeseen asennettuja AerOff-laitteistoja kokeiltiin Kohdeyritys 2:ssa. AerOff-laitteiston eri kehitysversioita kokeiltiin kahdella eri työstökoneella.

Yksittäisen koneen AerOff-laitteiston ensimmäisen kehitysversion mittaukset tehtiin, kun laitteistoon oli asennettu uusi CityCarb-aktiivihiilisuodatin. Kaksi mittausjaksoa tehtiin samana päivänä.

Uudella CityCarb-aktiivihiilisuodattimella tehdyissä kokeissa AerOff -laitteiston kondenssiyksikkö vähensi alkanoliamiineja 51-59 % ja TVOC:ja 28-29 %. Uusien CityCarb aktiivihiilisuodattimen jälkeen pitoisuudet ovat pieniä. (Kuva 8)



Kuva 8. Kohdeyrityksessä 2 käytössä olleen AerOff Proto 2:n puhdistustehokkuus. Alkanoliamiinien (EOHNNH) ja haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (TVOC) pitoisuudet eri osissa AerOff-laitteistoa.

Seuraavaksi sama prototyyppi siirrettiin toiseen työstökoneeseen. AerOff:iin laitettiin uusi Camfil-aktiivihiilisuodatin (n. 40 kg) ja Proto 2:n toimintaa mitattiin kahteen kertaan. Kummallakin kerralla käytössä oli uusi Camfil-aktiivihiilisuodatin. Alkanoliamiinien summapitoisuus (EOHNNH) ja haihtuvien orgaanisten yhdisteiden summapitoisuudet (TVOC) mitattiin

ennen AerOff-laitteistoa työstökoneen poistokanavasta sekä ennen ja jälkeen aktiivihiihli-suodattimen. Tarkoituksena oli seurata myös aktiivihiihli-suodattimen toiminta-aikaa, mutta erinäisten sattumusten ja väärinkäsitysten vuoksi toiminta-ajan seuranta ei voitu tehdä.

Taulukko 1. Alkanoliamiinien (EOHNN) ja haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (TVOC) pitoisuudet Proto 2:n eri osissa käytettäessä suurempaa aktiivihiihli-suodatinta.

Mittauspiste Proto 2:ssa	TVOC $\mu\text{g}/\text{m}^3$	EOHNN mg/m^3
Mittaus 1		
Ennen AerOff:ia	7600	5,72
Ennen aktiivihiihtä	4200	1,68
Aktiivihiihtien jälkeen	15	<0,001
Mittaus 2		
Ennen AerOff:ia	8500	6,99
Ennen aktiivihiihtä	5000	2,46
Aktiivihiihtien jälkeen	90	0,001

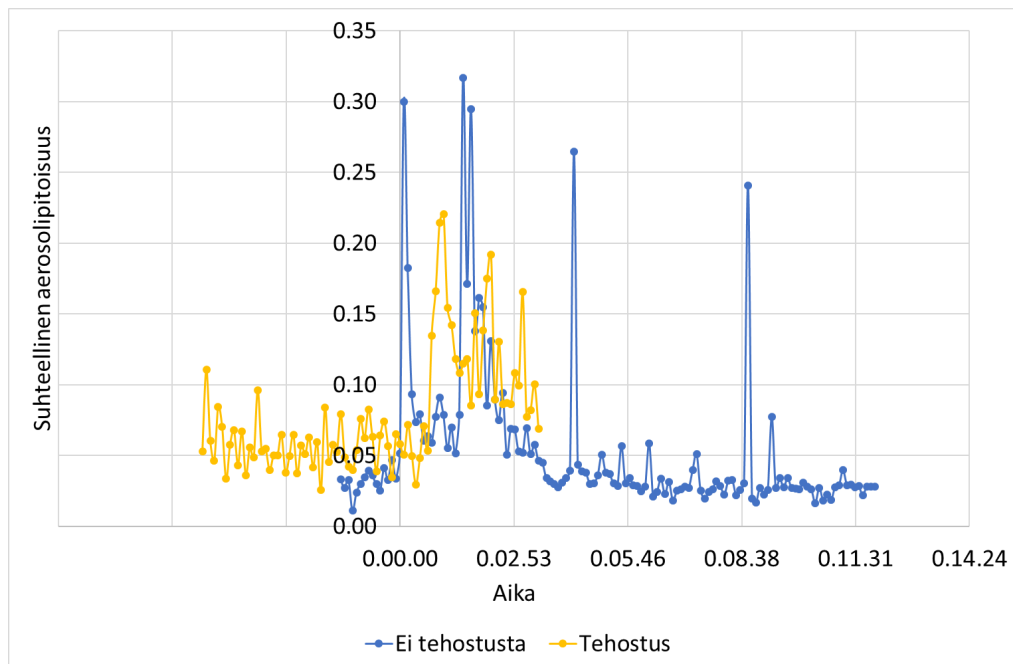
Jo ilman aktiivihiihli-suodattimen vaikutusta AerOff-laitteisto vähensi alkanoliamiinien pitoisuuksia noin 65-70 % ja TVOC-pitoisuuksia noin 40 % (Taulukko 1). Aktiivihiihtien jälkeen pitoisuudet ovat hyvin pieniä.

Seuraava prototyyppi (Proto 3) oli asennettuna myös toiseen työstökoneeseen. AerOff-suodatintyksikön toimintaa seurattiin TVOC ja EOHNN mittauksin ennen AerOff-suodatintyksikköä ja sen jälkeen (Taulukko 2). Prototyypin uuden konfiguraation vuoksi pitoisuutta ei voitu mitata ennen aktiivihiihli-suodatinta. Laitteistoon oli asennettu uusi iso (n. 40 kg) aktiivihiihli-suodatin. Pitoisuudet AerOff-laitteiston jälkeen olivat hyvin pieniä. Silti AerOff-laitteiston epäpuhtausvalvonta näytti keltaista suurimman osan mittausajasta.

Taulukko 2. Alkanoliamiinien (EOHHN) ja haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (TVOC) pitoisuudet Proto 3:n eri osissa. Myös tässä prototyypissä oli käytössä suurempi aktiivihilisuodatin.

Mittauspiste Proto 3:ssa	TVOC µg/m³	EOHHN mg/m³
Mittaus 1		
Ennen AerOff:ia	4900	2,94
Aktiivihiiilen jälkeen	30	0,045
Mittaus 2		
Ennen AerOff:ia	4600	2,45
Aktiivihiiilen jälkeen	50	0,017

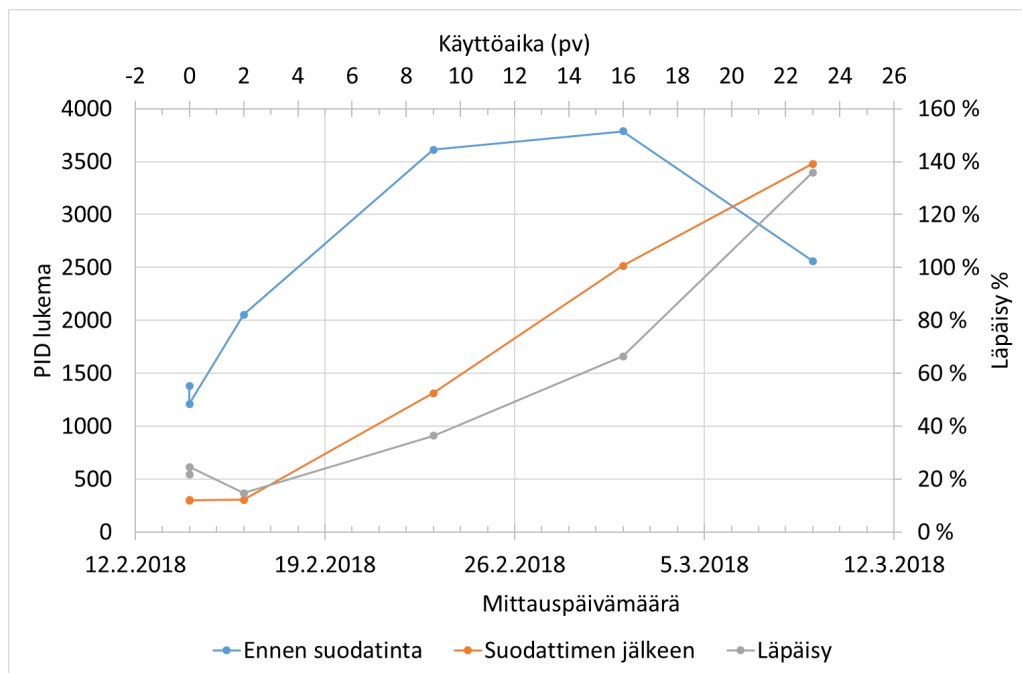
Mittauksilla yritettiin selvittää myös ilmavirran tehostuksen toiminataa, kun työstökeskuk-
sen ovet avataan. Useita eri menetelmiä käytettiin tehostuksen vaikutuksen selvittämiseksi:
merkkiainetekniikkaa (SF₆) ja useita eri hiukkasmittareita (DustTrak, Grimm, Split 2). Tehos-
tuksen käynnistys oli kytketty korkeapainepumpun toimintaan. Tehostuksen kesto oli sää-
detty 3 minuuttiin. Ensimmäisessä kokeessa tehostus ehti loppua ennen kuin ovet avattiin,
koska korkeapainepumppua käytettiin viimeisen kerran kauan ennen ohjelman loppua.
Toisessa kokeessa ohjelmaan lisättiin korkeapainepumpun käynnistys ohjelman vii-
meiseksi toiminnoksi. Koska korkeapainepumppua käytettiin useaan otteeseen ohjel-
massa, toimi tehostuskin myös useaan otteeseen, vaikka ovi oli kiinni. Kokeissa ei havaittu
merkittävää eroa epäpuhtauksien vapautumisessa työtilaan tehostuksen ollessa käytössä
tai sen ollessa poissa käytöstä (Kuva 9).



Kuva 9. AerOff -laitteiston ilmapinnan tehostuksen vaikutus työstökoneen oven edessä olevan työpisteen aerosolipitoisuuteen avattaessa ovea. Oven avaus hetkellä $t=0$.

3.5 CityCarb-aktiivihiilisuodattimen toiminta-aika

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuuksia mitattiin ennen aktiivihiilisuodatinta ja sen jälkeen PID:llä (ppbRAE) noin viikon välein. Kokeiden perusteella todettiin, että CityCarb:n toiminta-aika on hyvin lyhyt. Viikon käytön jälkeen oli jo havaittavissa selvää läpäisyä ja noin 3 viikon jälkeen koko kapasiteetti oli käytetty ja suodatin toimi jo epäpuh-
tauslähteenä (Kuva 10).



Kuva 10. CityCarb-aktiivihiiisuodattimen kuormittumisen seuranta suoraan osoittavalla fotoionisaatiodetektorilla (PID), kun aktiivihiiisuodatin oli liitetty Proto 2:een Kohdeyritys 2:ssa. Suhteelliset pitoisuudet (isobutyleeni ekvivalenttina) ennen ja jälkeen aktiivihiiisuodatinta sekä tulosten perusteella laskettu läpäisy.

LÄHTEET

Pihlajamaa P, Niemeläinen M, Säämänen A (2017): A method and apparatus for controlling occupational hygiene in machine tool environment, Tampereen Ammattikorkeakoulu Oy. International application published under the patent cooperation treaty WO 2017 / 140941 A1

Pihlajamaa P, Säämänen A, Pihlajarinne H, Hillman L (2018): Innovative solution for improving occupational hygiene in a machine tool environment. In: Proceedings of the Roomvent & Ventilation 2018 Conference, Espoo 2.-5.6.2018

Säämänen A, Kanerva T, Linnainmaa M, Ahonen I, Lehtimäki M, Niemeläinen M, Kalliohaka T, Pihlajamaa P (2016): Metallintyöstön kohdepoistoilman hallinta. Tietoa työstä, Työterveyslaitos (62 s.) [http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-261-668-5\(PDF\)](http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-261-668-5(PDF))

Säämänen A, Linnainmaa M, Kanerva T, Pihlajamaa P (2018): Control of exposure to both particulate and semivolatile components of metalworking fluid aerosols. In: Proceedings of the Roomvent & Ventilation 2018 Conference, Espoo 2.-5.6.2018

Projektissa tuoteistettiin valmiiksi keksintö, jonka tarkoituksena on puhdistaa metallintyöstön kierrätysilma entistä paremmin. Nykyisin ilma palautetaan työstökoneelta takaisin työtilaan usein pelkästään hiukkassuodattimien kautta. Uudessa järjestelmässä palautusilmasta on tarkoitus poistaa myös kaasumaiset epäpuhtaudet mahdollisimman hyvin.

Työterveyslaitos
Arbetshälsoinstitutet
Finnish Institute of Occupational Health

PL 40, 00032 Työterveyslaitos

www.ttl.fi

ISBN 978-952-261-869-6 (pdf)